

論文 Original Paper

折り曲げたUWB用フレキシブル扇形台形不平衡
ダイポールアンテナのVSWR特性越 地 福 朗^{*1}, 平 栗 一 也^{*2}VSWR characteristics of Bent Flexible Unbalanced Dipole Antenna
with Fan-Shaped and Trapezoidal Elements on
Printed Circuit Board for Ultra-Wideband RadioFukuro Koshiji^{*1}, Kazuya Hiraguri^{*2}

Abstract: Ultra wideband (UWB) technology draws attention as a promising technology in order to materialize ubiquitous network. However, it is difficult to obtain the ultra wideband antenna that performs excellent over a broad frequency band of 3.1 GHz to 10.6 GHz in UWB radio communication. And, considering building an antenna into electronic equipment, a bent antenna could be placed in contact to the curved surface of housing wall of the electronic equipment. In this paper, the bent unbalanced dipole antenna with semicircular and trapezoidal radiators on printed circuit board for ultra wideband radio was proposed and investigated. As a result, in spite of a sharp curvature radius of 10 mm, the VSWR characteristics of the bent broadband antenna were very stable and there was no significant change in UWB frequency range compared with the conventional flat type of antenna.

Key words: Ultra wideband, Broadband antenna, Flexible, Planar antenna, Electromagnetic field analysis

1. はじめに

近年、ユビキタスネットワーク社会を実現するための有力な通信手段として、3.1–10.6 GHzの帯域を利用するUWB通信技術に注目が集まっている¹⁾。UWB通信には、従来の狭帯域通信に比べて広い帯域で動作可能なアンテナが必要とされる。さらに、そのアンテナ実装についても、UWB通信で利用する広い周波数帯域全体でアンテナ性能を確保する必要があり、従来の狭帯域アンテナの実装と比べて難易度が高い。たとえば、電子機器への具体的な実装形態を考えると、広帯域アンテナを電子機器角部に配置し、電子機器の筐体形状に合わせてアンテナ形状を折り曲げる必要があると考えられる。

本稿では、過去に著者らが開発したUWB用扇形台形不平衡ダイポールアンテナ²⁾を、厚さ $t=0.2$ mmのプリ

ント配線板で構成し、フレキシブル化したものを折り曲げた場合の基礎的な特性変動を検討する。

2. 提案するアンテナの構成

図1は、本稿で折り曲げを検討する平面形状の扇形台形不平衡ダイポールアンテナの構成を示したものである

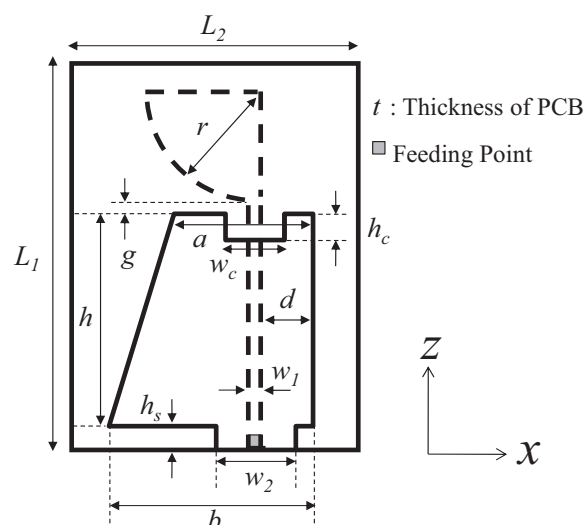


図1 アンテナの構成

^{*1} 国士舘大学 理工学部 理工学科 電子情報学系
専任講師 博士（環境学）
Lecturer, Ph.D., Department of Electronics and Informatics,
School of Science and Engineering, Kokushikan University

^{*2} 国士舘大学 理工学部 理工学科 電子情報学系
Department of Electronics and Informatics, School of
Science and Engineering, Kokushikan University

る。図1中の各パラメータは、扇形放射素子の半径 r 、台形放射素子の上底 a 、下底 b 、高さ h 、台形放射素子上底から扇形放射素子下端までの距離 g である。給電線路には、マイクロストリップ線路を用い、ストリップ導体幅 w_1 の線路を、台形放射素子の右端(x軸正側)から d の位置に配置する。線路の下端には幅 w_2 、長さ h_s の給電部を設ける。また、台形放射素子の上底部分には、ストリップ線路と並行に、インピーダンス整合を目的とした切り込み構造(切り込み深さ h_c 、切り込み幅 w_c)を設けている。

プリント配線板には、長さ $L_1=38.6$ mm、幅 $L_2=20$ mm、厚さ $t=0.2$ mm、比誘電率 $\epsilon_r=2.6$ 、誘電正接 $\tan \delta=0.001$ を用いる。このとき、特性インピーダンスが 50Ω のマイクロストリップ線路の寸法は、ストリップ線路幅 $w_1=0.5$ mm、グラウンド幅 $w_2=6$ mmである。

図2は、原形の平面形状の扇形台形不平衡ダイポールアンテナを示したものである。図3は、本稿で検討するz軸に平行な軸を中心軸とする半径 R の円筒曲面に沿って折り曲げた構成のアンテナを示したものである。同図(a)は、-y軸方向への折り曲げ、(b)は、+y方

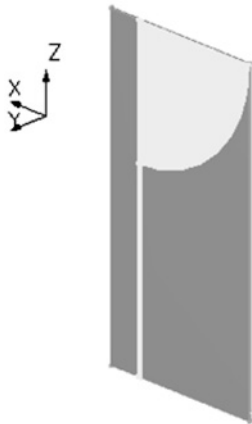


図2 扇形台形不平衡ダイポールアンテナ

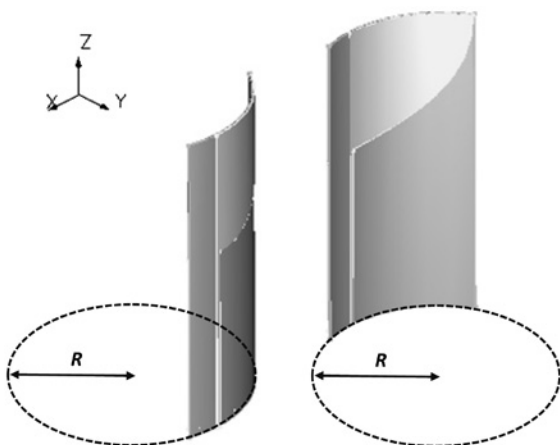


図3 z 軸に平行な軸を中心軸とする半径 R の円筒曲面に沿った折り曲げ

向への折り曲げ構造を示している。図4は、x軸に平行な軸を中心軸とする半径 R の円筒曲面に沿って折り曲げた構成のアンテナを示したものである。同図(a)は、-y軸方向への折り曲げ、(b)は、+y方向への折り曲げ構造を示している。

3. VSWR特性の検討

表1に、本検討で用いるアンテナの各部の寸法をまとめて記す。表1に示すとおり、ここでは、アンテナの寸法を扇形放射素子の半径 $r=16$ mm、台形放射素子の上底 $a=19$ mm、下底 $b=20$ mm、高さ $h=23$ mm、扇形放射素子と台形放射素子の間隔 $g=-0.4$ mm、マイクロストリップ線路の位置 $d=4$ mm、台形放射素子の切り込み幅 $w_c=3$ mm、切り込み深さ $h_c=1$ mmとして、図3に示すz軸に平行な軸を中心軸とする半径 R の円筒曲面に沿った折り曲げ、および、図4に示すx軸に平行な軸を中心軸とする半径 R の円筒曲面に沿った折り曲げについて、それぞれ折り曲げ半径 R に対するVSWR特性を電磁界解析によって検討する。電磁界解析には、Transmission Line Matrix (TLM) 法 (CST AG., CST

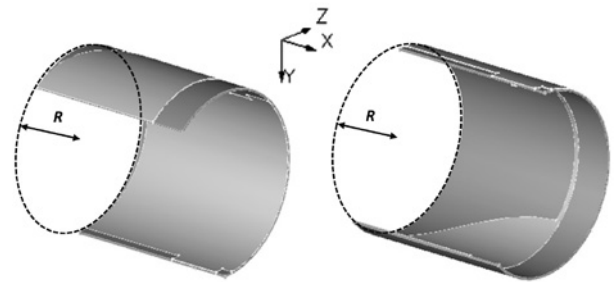


図4 x 軸に平行な軸を中心軸とする半径 R の円筒曲面に沿った折り曲げ

表1 各部の寸法

プリント配線板の長さ	L_1	38.6
プリント配線板の幅	L_2	20
プリント配線板の厚さ	t	0.2
マイクロストリップ線路幅	w_1	0.5
グラウンド幅	w_2	0.6
グラウンド高さ	h_s	1
扇形放射素子の半径	r	16
台形放射素子の上底	a	19
台形放射素子の下底	b	20
台形放射素子の高さ	h	23
放射素子の間隔	g	-0.4
マイクロストリップ線路の位置	d	4
台形放射素子の切り込み幅	w_c	3
台形放射素子の切り込み深さ	h_c	1

単位:mm

SUTDIO) を用いる。

扇形台形不平衡ダイポールアンテナは、1～12 GHzの周波数帯において3つの共振周波数が得られる。ここでは、これらの3つの共振周波数を低域側から、第1、第2、第3共振周波数と呼ぶことにする。

3.1 z軸に平行な軸を中心軸とする円筒曲面に対する折り曲げ

図5に、図3に示すz軸に平行な軸を中心軸とする半径Rの円筒曲面に沿って折り曲げた扇形台形不平衡ダイポールアンテナについて、折り曲げに対するVSWR特性の解析結果を示す。図5には、図2に示す平面形状のアンテナのVSWR特性の解析結果も比較のために示す。

図5から、-y方向への折り曲げに対するVSWR特性は、折り曲げ半径R=10 mm, 15 mmの折り曲げに対しては、2.9 GHz～11.3 GHzで $VSWR \leq 2$ 、折り曲げ半径R=5 mmの折り曲げに対しては、3.0 GHz～10.8 GHz

で $VSWR \leq 2$ であり、UWB帯域において良好なVSWR特性が得られている。

また、同図から、-y方向への折り曲げに対するVSWR特性は、折り曲げ半径R=10 mm, 15 mmの折り曲げに対しては、3.1 GHz～11.5 GHzで $VSWR \leq 2$ 、折り曲げ半径R=5 mmの折り曲げに対しては、3.2 GHz～10.6 GHzで $VSWR \leq 2$ であり、UWB帯域をカバーする広帯域特性が維持されていることがわかる。

よって、z軸に平行な軸を中心軸とする円筒曲面に沿った折り曲げたでは、折り曲げ半径R=5～15 mmに対して、良好な広帯域特性が維持されていることがわかる。

3.2 x軸に平行な軸を中心軸とする円筒曲面に対する折り曲げ

図6に、図4に示すx軸に平行な軸を中心軸とする半径Rの円筒曲面に沿って折り曲げた扇形台形不平衡ダ

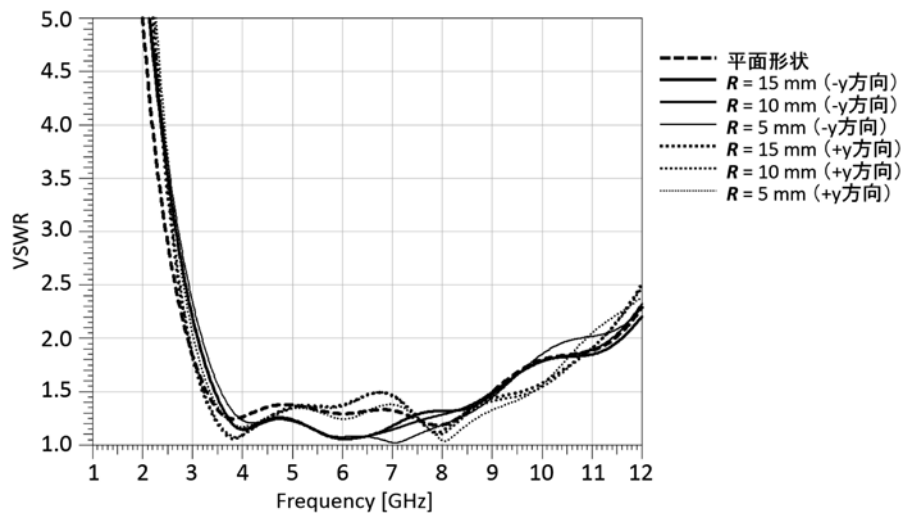


図5 z軸に平行な軸を中心軸とする半径Rの円筒曲面に沿った折り曲げに対するVSWR特性

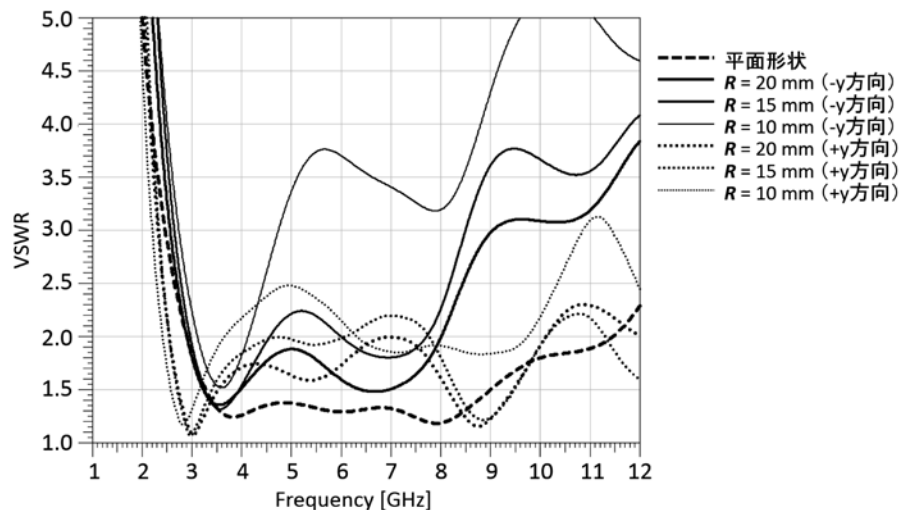


図6 x軸に平行な軸を中心軸とする半径Rの円筒曲面に沿った折り曲げに対するVSWR特性

イポールアンテナについて、折り曲げに対するVSWR特性の解析結果を示す。図6には、図2に示す平面形状のアンテナのVSWR特性の解析結果も比較のために示す。

図6から、 $-y$ 方向への折り曲げに対するVSWR特性は、折り曲げ半径 R を小さくするにしたがって、第1共振周波数が高周波側へシフトし、第2共振周波数からの特性の劣化が大きくなっている。

同図から、 $+y$ 方向への折り曲げに対するVSWR特性は、2.5 GHzから $VSWR \leq 2$ となっているが、折り曲げ半径 $R=10$ mmの時には、UWB周波数帯域である5 GHz付近で、VSWR特性が大きく劣化している。しかし、折り曲げ半径 R が大きくなるにつれて、VSWR特性は改善し、 $R \geq 15$ mmでは、UWB周波数帯域において、 $VSWR \leq 2.3$ となり、 x 軸に平行な軸を中心軸とした円筒曲面に対する折り曲げにおいても広帯域な特性が維持できることがわかる。

また、 x 軸に平行な軸を中心軸とする円筒曲面に対する折り曲げは、 z 軸に平行な軸を中心軸とする円筒曲面に対する折り曲げよりも、折り曲げ半径 R の変化に対する特性変動が大きいことがわかる。

4. ま と め

本稿では、過去に著者らが開発したUWB用扇形台形不平衡ダイポールアンテナを、厚さ $t=0.2$ mmのフレキシブルプリント配線板で構成したアンテナにおいて、 z 軸、および x 軸に平行な軸を中心軸とする円筒曲面に沿って折り曲げる構造としたときの、円筒の折り曲げ半径に対するVSWR特性の検討を電磁界解析によって行った。

その結果、 z 軸に平行な軸を中心軸とする円筒曲面に沿った、 $-y$ 方向への折り曲げでは、折り曲げ半径 $R=5$

～15 mmにおいてUWB周波数帯域を満たし、 $+y$ 方向への折り曲げでは、UWB周波数帯域の最低動作周波数が高域側へシフトすることがわかった。

z 軸に平行な軸を中心軸とする円筒曲面に沿った、 $-y$ 方向への折り曲げでは、第1共振周波数が高周波側へシフトし、第2共振周波数からの特性の劣化が大きくなったり、 $+y$ 方向への折り曲げでは、UWB周波数帯域の最低動作周波数が低域側へシフトすることがわかった。

以上より、UWB用扇形台形不平衡ダイポールアンテナの折り曲げは、 z 軸に平行な軸を中心軸とした円筒曲面に対する折り曲げが適していることを確認した。

参 考 文 献

- 1) 河野隆二, “超広帯域 (UWB) 無線通信と今後の高度無線アクセス技術”, 電子情報通信学会誌, Vol.87, No.5, pp.396-pp.401, May 2004.
- 2) 平栗一也, 越地福朗, 越地耕二, “プリント配線板に形成した扇形台形不平衡ダイポールアンテナの特性”, エレクトロニクス実装学会超高速高周波エレクトロニクス実装研究会公開研究会論文集, Vol.13, No.2, Tokyo, Japan, July 2013.
- 3) L. Paulsen, J. B. West, W. F. Perger, J. Kraus, “Recent Investigations on the Volcano Smoke Antenna”, IEEE APS Int. Symp. Vol.3, pp. 845-848, Jun 2003.
- 4) Kin-Lu Wong, Chih-Hsien Wu, Saou-Wen (Stephen) Su, “Ultrawide-Band Square Planar Metal-Plate Monopole Antenna With a Trident-Shaped Feeding Strip”, IEEE Trans. on Antenna and Propagation, vol. 53, no.4, pp.1262-1269, April 2005.
- 5) 越地福朗, 板谷俊輔, 秋山侑祐, 越地耕二, “UWB用広帯域不平衡ダイポールアンテナの小型化の提案と検討”, エレクトロニクス実装学会誌, Vol.15, No.7, pp.526-533, November 2012.
- 6) 越地福朗, 江口俊哉, 佐藤幸一, 越地耕二, “UWB用半円台形不平衡ダイポールアンテナの提案と検討”, エレクトロニクス実装学会誌, Vol.10, No.3, pp.200-pp.210, May 2007.